"مقاله پژوهشی"

اثرات تکنیک توده زیستی (Biofloc) بر برخی شاخص‌های خونی و ایمنی فیل‌ماهی (*Huso huso*) جوان پرورشی

محمود آقابراری[۱]، سورنا ابدالی[۱]، ایوب یوسفی جوردهی[۲*]

۱-[۱]گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۴

چکیده

بایوفلاک به عنوان یک فیلتر بیولوژیکی عمل می‌کند و محیط مناسبی برای باکتری‌هایی است که می‌توانند آمونیاک موجود در آن را حذف کنند. تحقیق حاضر به منظور تعیین اثر سیستم بایوفلاک بر برخی شاخص‌های خونی و ایمنی فیل‌ماهی جوان پرورشی طی ۸ هفته انجام شد. بدین‌منظور، ۱۲۰ فیل‌ماهی با وزن اولیه ۲/۹ ± ۱۶۸/۲گرم در ۶ مخزن فایبرگلاس ۲۰۰۰ لیتری معرفی شدند. تیمارها شامل تیمار شاهد و یک تیمار بایوفلاک و هر تیمار با ۳ تکرار بود. بر اساس نتایج، بین تیمارها از نظر NO_2، NO_3، NH_3، NH_4، TAN و تعداد کل باکتری اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). بطوریکه کمترین مقادیر pH، NO_3، NH_3، NH_4 و TAN در تیمار ۱ (سیستم بایوفلاک) بود. شاخص‌های شوری، نسبت نیتروژن به فسفر، قلیائیت و ارتوفسفات بین دو تیمار اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($p>۰/۰۵$). ولی میزان کل جامدات معلق (TDS) در تیمار بایوفلاک به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود ($p<۰/۰۵$). بر اساس نتایج حاصل، تعداد گلبول‌های قرمز و گلبول سفید، نوتروفیل، درصد هماتوکریت و MCV در تیمار بایوفلاک بطور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود ($p<۰/۰۵$). نتایج شاخص‌های ایمنی نشان داد که سطوح ایمونوگلوبولین M، لیزوزیم و ایمونوگلوبولین کل در تیمار بایوفلاک نسبت به شاهد بهبود یافت، ولی معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). علاوه بر این، تیمار بایوفلاک بطور معنی‌داری تعداد باکتری بیشتری نسبت به شاهد داشت ($p<۰/۰۵$). بطورکلی، سیستم بایوفلاک باعث بهبود شرایط فیزیولوژیک فیل‌ماهی جوان در مقایسه با شاهد گردید و بکارگیری آن در سیستم‌های پرورشی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: بایوفلاک، شاخص‌های خونی، ایمنی، فیل‌ماهی.

* عهده‌دار مکاتبات: Ayoub2222002@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]

مقدمه

تأمین نیاز بشر به آبزیان با بیش از هفت میلیارد جمعیت، تنها با افزایش تولیدات در صنعت آبزی‌پروری امکان‌پذیراست. بنابراین، توسعه و متراکم‌سازی پرورش آبزیان امری حیاتی و اجتناب‌ناپذیر در صنعت آبزی‌پروری دنیاست. بدون شک مهم‌ترین موضوع در توسعه آبزی‌پروری تولید حداکثری آبزیان بدون استفاده بیشتر از منابع آب و زمین است. توسعه پایدار آبزی‌پروری به گونه‌ای که دستخوش تغییرات و آسیب‌های جبران‌ناپذیر نشود، ضرورت دوم در این زمینه محسوب می‌شود. سومین ضرورت اجرای این تحقیق به‌کارگیری سیستم‌های نوین و مطرح در زمینه آبزی‌پروری از قبیل سیستم بایوفلاک می‌باشد که نسبت هزینه به فایده را در بعد اقتصادی و اجتماعی بطور همزمان فراهم نماید (Avnimelech, 2007). استفاده از فناوری بایوفلاک برای پرورش گونه‌هایی که با شرایط محیطی سازگارتر هستند، با موفقیت بیشتری همراه می‌باشد (Souza *et al.*, 2014). فناوری بایوفلاک حاصل توسعه استخرهایی است که آب آنها مداوم هوادهی می‌شود و اختلاط پیدا می‌کند که عدم تعویض آب یا حداقل تعویض آب مد نظر می‌باشد. گرایش به کاهش تعویض آب و ضرورت آن عاملی شد تا فناوری بایوفلاک در اوایل دهه ۲۰۰۰ مورد بررسی قرار گیرد. در گذشته، نرخ بالای تعویض آب از روش‌های اصلی کنترل کیفیت آب و تولید در مزارع نیمه متراکم و متراکم ماهی و میگو بشمار می‌رفت. در آن زمان آب به شکل روزانه و اغلب با نرخ بسیار بالا تعویض می‌شد. در صورت عدم مطلوبیت کیفیت آب، تعویض و جایگزینی آن با آب تمیز انجام می‌گرفت. اما به دلایل مختلفی از قبیل گرانی و کمیابی آب شیرین، رهاسازی آب تصفیه نشده استخر به محیط زیست، شیوع بیماریهای ویروسی و غیره به بن بست رسید. افزایش غلظت ترکیبات نیتروژن‌دار آب فرآیندی است که در همه سامانه‌های آبزی‌پروری رخ می‌دهد. شدت این فرآیند با افزایش زیتوده و غذادهی افزایش می‌یابد. نیتریت (NO_2) و آمونیاک (NH_3) هر دو سمی‌اند و می‌توانند بر رشد، سلامت و حیات ماهی شدیدا تاثیرگذار باشند. روش‌های حذف این مواد نیتروژن‌دار با تبدیل آنها به اشکال غیر سمی از ضروریات سامانه‌های متراکم است (Avnimelech *et al.*, 2009).

سیستم بایوفلاک که در حال حاضر یکی از فناوریهای مطرح در صنعت به‌خصوص پرورش ماهی به‌شمار می‌رود، می‌تواند یاریگر توسعه صنعت آبزی‌پروری با شرایط مذکور باشد. بایوفلاک‌ها با حفظ کیفیت آب باعث کاهش نیاز به تعویض آب و از طریق تولید پروتئین میکروبی قابل مصرف منجر به کاهش ضریب تبدیل غذایی میگوی پرورشی می‌شوند (عبدی‌راد و قائدنیا، ۱۳۹۵). پایه و اساس سامانه‌های فناوری بایوفلاک را بایوفلاک‌ها، مواد پوده‌ای، ذرات آلی مرده، میکروب‌ها، جلبک‌ها، پروتوزواها و دیگر موجودات تشکیل می‌دهند. سیستم بایوفلاک به ذرات میکروسکوپی متشکل از باکتری‌ها، دیاتومه‌ها و جلبک‌ها، ذرات غذایی و ارگانیسم‌های مرده گفته می‌شود. تکنولوژی Biofloc (BFT) به عنوان "انقلاب آبی" جدید در حوزه آبزی‌پروری شناخته می‌شود. زیرا مواد مغذی می‌تواند به طور مداوم بازیافت شوند. استفاده مجدد در محیط کشت، با استفاده از حداقل یا تبادل صفر آب به دست آمد. چنین تکنیکی سازگار با محیط زیست بر مبنای تولید میکروارگانیسم است که سه نقش اصلی را بازی می‌کند (۱): حفظ کیفیت آب،

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]

با جذب ترکیبات نیتروژن تولید شده؛ (۲) تغذیه، افزایش قابلیت‌های کشت با کاهش ضریب تبدیل خوراک (FCR) و کاهش هزینه‌های خوراک؛ و (۳) رقابت با پاتوژن‌ها و نیز تصحیح نسبت کربن به نیتروژن در محیط کشت. همچنین رویکرد پایدار چنین سیستمی مبتنی بر تولید بالای ماهی/ میگو در سطح کوچک است. علاوه بر این، توده زیستی (Biofloc) منبع غنی از پروتئین و چربی طبیعی مواد غذایی موجود در آب است که ۲۴ ساعت در روز به علت تعامل پیچیده بین مواد آلی، بستر فیزیکی و طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها در دسترس می‌باشد. این بهره‌وری طبیعی نقش مهمی در چرخش مواد مغذی و حفظ کیفیت آب بازی می‌کند. استفاده از بایوفلاک با ماهی یا میگو مزایای فراوانی از قبیل بهبود نرخ رشد، کاهش FCR و نیز کاهش هزینه‌های مربوط به خوراک دارد (Avnimelech, 2015).

از جمله مطالعات انجام‌شده در خصوص اثر بایوفلاک بر آبزیان می‌توان به مطالعات خانجانی و همکاران (۱۳۹۵)، روی تولید و ارزیابی بایوفلاک به منظور بکارگیری در سیستم‌های بدون تعویض آب، حق‌پرست رادمرد و همکاران (۱۳۹۷)، روی اثر نسبت‌های مختلف کربن- نیتروژن در سیستم پرورش متراکم بایوفلاک بر شاخص‌های رشد و سلامت ماهی کپور معمولی، خانجانی (۱۳۹۸)، روی کاربرد فناوری توده‌ساز زیستی (بایوفلاک) در آبزی‌پروری با تأکید بر ماهیان زینتی، بخشی و همکاران (۱۳۹۵ و ۱۳۹۳)، روی بازدهی استفاده از سیستم تولید توده زیستی در پرورش متراکم ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، و در خارج از کشور نیز می‌توان به مطالعات Crab و همکاران (۲۰۱۰)، روی کاربرد فناوری بایوفلاک برای محافظت از میگوی آب شور (*Artemia franciscana*) در برابر *Vibrio harveyi* و غیره اشاره نمود. بنابراین، تحقیق حاضر با هدف تعیین اثر سیستم بایوفلاک بر شاخص‌های خونی و ایمنی در فیل‌ماهی انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی سیستم پرورش و تهیه ماهی

این تحقیق در ۶ مخزن فایبرگلاس ۲۰۰۰ لیتری در سالنی سرپوشیده با استفاده از آب چاه در مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر با دوره پرورش به مدت ۸ هفته در سال ۱۳۹۸ انجام شد. ۱۲۰ فیل‌ماهی جوان با میانگین وزنی ۲/۹ ± ۱۶۸/۲ گرمی و طولی اولیه ۰/۴۱ ± ۳۵/۲ سانتی‌متر و با تراکم ۲۰ ماهی در هر مخزن (تکرار) توزیع شدند. هر یک از مخازن دارای سیستم هوادهی بوده و توسط آب چاه (دمای آب ۱۷ درجه سانتی‌گراد) با دبی ۳ لیتر در دقیقه آبرسانی شدند. جهت انجام این تحقیق ۱ تیمار شامل سیستم بایوفلاک و ۱ شاهد (روش معمولی) در نظر گرفته شد (Long *et al.*, 2015). قبل از شروع آزمایش، ماهیان به مدت یک هفته با جیره غذایی پایه حاوی ۴۶ درصد پروتئین، ۲۰ درصد کربوهیدرات، ۱۵ درصد چربی و ۱۹ مگاژول انرژی به منظور سازگاری تغذیه شدند (Yousefi Jourdehi *et al.*, 2014). مقدار غذای مورد نیاز با استفاده از ترازوی دیجیتالی مدل AND Gf – 300 ساخت ژاپن وزن شده و با توجه به تیمارهای مورد نظر به ماهیان تغذیه شد. غذادهی با جیره غذایی دست‌ساز به ماهیان در حدود ۳ درصد وزن بدن و بصورت دستی در ۴ وعده انجام شد (Sener و همکاران.، ۲۰۰۶).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]

آماده‌سازی سیستم بایوفلاک

برای ایجاد سیستم بایوفلاک از روش مستقیم استفاده شد. پس از تهیه باکتری‌های مورد نظر (نیتروزموناس، نیتروزکوکوس، نیتروزپیرا، نیتروزبولوس و نیتروز ویبریو) و ترکیب آنها با یکدیگر و مخلوط نمودن آنها با آب محیط پرورش سوش‌های باکتریایی مورد نظر تهیه گردید و سپس به محیط آب پرورش افزوده گردید (Avnimelech, 2009). بطوریکه، با افزودن باکتریهای نیتروباکتر به مخزن پرورش و نیتروژن وارد شده به آب از طریق غذا و مدفوع به‌عنوان منبع نیتروژن و با افزودن کربن مورد نیاز به آب، توده بایوفلاک در همان مخزن پرورشی تشکیل شد (رضایی و رفیعی، ۱۳۹۷). از منبع کربوهیدارتی آرد گندم جهت افزایش نسبت کربن به نیتروژن (۱۵ به ۱) (خانجانی و همکاران، ۱۳۹۴) و نیز تقویت جذب نیتروژن توسط باکتریها استفاده شد (Avnimelech, 2012). مدت زمان تشکیل توده بایوفلاک در دمای ۱۷ درجه سانتی‌گراد ۱۸ روز بطول انجامید. برای اندازه‌گیری تقریبی مواد جامد معلق از قیف‌های مدرجی بنام ایمفهوف و استوانه مدرج استفاده شد (عبدی‌راد و قائدنیا، ۱۳۹۴). مخازن پرورش مجهز به سیستم هوادهی و بدون تعویض آب بود.

اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی

در طی تحقیق بعضی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از قبیل دمای آب و اکسیژن محلول با استفاده از اکسیژن‌متر مدل HACH ساخت آمریکا، pH آب با استفاده از pH متر مدل ۸۲۷ متروم ساخت سوئیس، TDS با استفاده از TDS-3 متر مدل HM ساخت چین، به صورت روزانه مورد سنجش قرار گرفت. مواد جامد معلق کل (TSS) و تقاضای اکسیژن بیوشیمیایی (BOD) آب براساس روش استرلینگ (Stirling) و غلظت نیتروژن آمونیاکی کل (TAN)، نیتریت (NO_2)، نیترات (NO_3)، ارتوفسفات (PO_4)، قلیائیت و کدورت آب با استفاده از دستگاه پالین تست فتومتر ۷۵۰۰ ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد (Suantika و همکاران.، ۲۰۱۶؛ خانجانی و همکاران.، ۱۳۹۵). آمونیوم، نیتریت و نیترات برای پارامترهای شیمیایی هر روز به ترتیب با استفاده از روش Nessler، دیازوتیزه و Nitrate HCl اندازه‌گیری شد (Ahn و همکاران.، ۲۰۰۵).

خونگیری و سنجش شاخص‌های خونی

در انتهای دوره، ۲۴ ساعت پس از قطع غذا، خونگیری از ماهیان از سیاهرگ دمی با استفاده از سرنگ ۲ سی‌سی صورت پذیرفت. ۰/۵ سی‌سی خون درون تیوب‌های اپندروف حاوی هپارین برای تعیین شاخص‌های خونی ریخته شد (Torrecillas و همکاران.، ۲۰۱۱). جداسازی سرم از سلول‌های خونی با استفاده از سانتریفوژ (مدل Labofuge 200، ساخت شرکت Sepatech Heraeus آلمان)، با سرعت ۳۰۰۰ دور در مدت زمان ۱۰ دقیقه انجام شد. سرم با استفاده از میکروسمپلر جدا شد و به ویال انتقال یافت (Pottinger and Carrik, 2001). گلبول‌های قرمز و سفید با استفاده از محلول Rees و با ملانژور و لام نئوبار شمارش شدند (کاظمی و همکاران، ۱۳۸۹). سنجش هموگلوبین با استفاده از روش سیان مت هموگلوبین و به وسیله اسپکتروفتومتر (مدل 2100-VIS ساخت شرکت Unico آمریکا) با طول موج ۵۴۰ نانومتر انجام شد

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]

(Klontz, 1994). از لوله‌های میکروهماتوکریت و یک میکروسانتریفیوژ Hettich با دور ۷۰۰۰ rpm در مدت ۵ دقیقه برای سنجش هماتوکریت استفاده شد. میزان MCV، MCH و MCHC با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (Houston، ۱۹۹۰).:

MCV = هماتوکریت × ۱۰ / RBC (میلیون)

MCH = هموگلوبین × ۱۰ / RBC (میلیون)

MCHC = هموگلوبین / هماتوکریت × ۱۰۰

برای رنگ‌آمیزی گلبول‌های سفید از متانول ۹۶٪ و محلول ۱۰٪ گیمسا (ساخت شرکت Merck آلمان) استفاده شد و شمارش انواع گلبول‌های سفید نظیر نوتروفیل‌ها، لنفوسیت‌ها، مونوسیت‌ها و ائوزینوفیل‌ها به روش زیگزاگ صورت پذیرفت (عامری مهابادی، ۱۳۸۷).

سنجش شاخص‌های ایمنی

روش مورد استفاده برای اندازه‌گیری ایمونوگلوبولین M روش ایمونوتوربیدی متری Immuno turbidimetric است. در این روش IgM با آنتی‌بادی‌های پلی‌کلونال موجود در محلول‌های تامپون تشکیل کمپلکس داده و باعث کدر شدن محلول می شوند. شدت کدورت ایجاد شده با مقدار IgM رابطه مستقیم داشته و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل 2100-VIS ساخت شرکت Unico آمریکا) در طول موج ۳۴۰ نانومتر با بلانک (آب مقطر) خوانده می‌شود (Khoshbavar-Rostami *et al.*, 2006). برای اندازه گیری سطوح لیزوزیم در سرم خون، ۱/۷۵ میلی‌لیتر از سوسپانسیون باکتری *Micrococcus lysodeikticus* (سیگما) (معادل مقدار ۰/۳۷۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر از بافر فسفات سدیم ۰/۰۵ مولار با pH برابر ۶/۲) با ۲۵۰ میکرولیتر از نمونه‌های سرم مخلوط و جذب نوری پس از ۱۵ و ۱۸۰ ثانیه به روش طیف سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۷۰ نانومتر قرائت می‌شود. بافر فسفات سدیم به عنوان بلانک استفاده می‌شود (Ellis, 1990). غلظت ایمنوگلوبولین کل مطابق با روش شرح داده شده توسط Siwicki و Anderson (۱۹۹۳) و Amar، Kiron، Satoh، Okamoto و Watanabe (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. مقدار ایمنوگلوبولین بصورت (میلی‌گرم در هر میلی‌لیتر) بیان شد.

تجزیه و تحلیل آماری

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو– ویلک تست گردید. برای مقایسه میانگین داده‌ها بین تیمارها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و برای جداسازی گروه‌های همگن از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل و تحلیل کلیه داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ۲۲ استفاده گردید.

نتایج

پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب

با توجه به آزمون توکی و آنالیز واریانس یک‌طرفه بین تیمارها از نظر دمای آب اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). با توجه به آزمون من – ویتنی و کروسکال – والیس بین تیمارها از نظر pH و اکسیژن محلول اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). با توجه به آزمون توکی و آنالیز واریانس یکطرفه بین تیمارها از نظر NO_2، NO_3، NH_3، NH_4 و

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]

TAN اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). کمترین مقادیر pH و کمترین مقادیر NO_3، NH_3، NH_4 و TAN در تیمار ۱ (سیستم بایوفلاک) مشاهده گردید. با توجه به کروسکال – والیس بین تیمارها شاخص‌های شوری، نسبت نیتروژن به فسفر، قلیائیت و ارتوفسفات بین دو تیمار اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($p>۰/۰۵$). ولی میزان کل جامدات معلق (TDS) در تیمار بایوفلاک به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود ($p<۰/۰۵$) (جدول ۱).

جدول ۱: نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در تیمار بیوفلاک و شاهد

شاخص‌ها / تیمارها	سیستم بایوفلاک	شاهد
دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	۱۸/۴۷ ± ۰/۱۵[a]	۱۸/۵۰ ± ۰/۲[a]
اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)	۸/۲ ± ۰/۰۲[b]	۷/۹۰ ± ۰/۰۱ [a]
pH	۷/۶۰ ± ۰/۱۲[a]	۷/۸۰ ± ۰/۰۹ [a]
نیترات (NO_3، ppm)	۰/۰۰۷۶ ± ۰/۰۰۱۱[b]	۰/۰۱۸۴ ± ۰/۰۰۰۸۵[a]
نیتریت (NO_2، ppm)	۰/۰۰۴ ± ۰/۰۰۲۱[b]	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰۲[a]
آمونیاک (NH_3، ppm)	۰/۰۰۶۰ ± ۰/۰۰۳۶[b]	۰/۰۱۵۴ ± ۰/۰۰۰۲[a]
آمونیوم (NH_4، ppm)	۰/۲۱۳۳ ± ۰/۰۰۲۵[b]	۰/۲۴۵۸ ± ۰/۰۰۱۶[a]
کل آمونیاک نیتروژنی (TAN، ppm)	۰/۲۱۷ ± ۰/۰۲۱[b]	۰/۲۶۳ ± ۰/۰۱۵[a]
شوری (ppt)	۰/۲۲ ± ۰/۰۰۱[a]	۰/۲۰ ± ۰/۰۰۱[a]
کل جامدات معلق (TDS، mg/l)	۶۰۰± ۳۵[b]	۵۵۰ ± ۳۰[a]
نسبت نیتروژن به فسفر	۱:۰/۰۰۱[a]	۱ :۰/۰۰۳[a]
قلیائیت (آلکالیتی، mg/l)	۱۹۲/۳ ± ۱۵/۱[a]	۱۳/۱۷±۶/۷۵[a]
ارتوفسفات (mg/l)	۰/۵۷۶ ± ۰/۰۰۳[b]	۰/۷۷۱ ± ۰/۰۶۴[a]

حروف لاتین غیر مشترک در هر ردیف، نشان‌دهنده اختلاف بین تیمارها است ($p<۰/۰۵$).

شاخص‌های خونی

بر اساس نتایج حاصل، میزان هموگلوبین، MCH، MCHC، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها نشان نداد ($p>۰/۰۵$). تعداد گلبول‌های سفید، تعداد گلبول‌های قرمز، هماتوکریت، MCV، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها نشان داد ($p<۰/۰۵$). درصد مونوسیت و ائوزینوفیل اختلاف معنی‌داری بین تیمارها نداشت ($p>۰/۰۵$). در حالیکه درصد نوتروفیل و لنفوسیت اختلاف معنی‌داری بین تیمارها نشان داد ($p<۰/۰۵$). بطوریکه کمترین تعداد گلبول سفید و نوتروفیل و بیشترین تعداد گلبول قرمز، هماتوکریت، MCV و لنفوسیت در تیمار ۱ (سیستم بایوفلاک) مشاهده گردید (جدول ۲).

شاخص‌های ایمنی

نتایج آنالیز شاخص‌های ایمنی نشان داد که سطوح ایمونوگلوبولین M، لیزوزیم و ایمونوگلبولین کل در تیمار بایوفلاک نسبت به شاهد بهبود یافت، ولی معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$) (جدول ۳).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]

جدول ۲: نتایج شاخص‌های خونی در تیمارهای مختلف در فیل‌ماهی طی ۸ هفته پرورش

تیمارها / شاخص‌ها	سیستم بایوفلاک	شاهد
تعداد گلبول سفید (تعداد در هر میلیمتر متر مکعب)	۶۵۰۰ ± ۴۵۸/۲۶^{b}	۷۸۰۰/۶۷ ± ۴۵۰/۹۲^{a}
تعداد گلبول قرمز (عدد در میلی‌متر مکعب × $۱۰^{۵}$)	۶/۹ ± ۰/۵۸^{b}	۶/۳ ± ۰/۵^{a}
هموگلوبین (گرم/دسی لیتر)	۶/۱۰ ± ۰/۱۵^{a}	۵/۸۳ ± ۰/۱۲^{a}
هماتوکریت (٪)	۲۴/۶ ± ۱/۵۳^{b}	۲۲ ± ۱^{a}
MCV (فیمتولیتر)	۳۴۰/۶۷ ± ۱۰/۰۱^{b}	۳۳۱/۲۰ ± ۶/۱۱^{a}
MCH (پیکوگرم)	۸۵/۳۳ ± ۱/۵۳^{a}	۹۰/۱ ± ۱^{a}
MCHC (٪)	۲۵/۴۷ ± ۰/۲۵^{a}	۲۸/۸۰ ± ۰/۳۵^{a}
نوتروفیل (٪)	۱۱/۶۷ ± ۱/۵۳^{b}	۱۵/۳۳ ± ۰/۵۸^{a}
لنفوسیت (٪)	۸۵ ± ۱/۷۳^{b}	۷۸ ± ۱/۷۳^{a}
مونوسیت (٪)	۴/۳۳ ± ۱/۱۶^{a}	۵± ۱^{a}
ائوزینوفیل (٪)	۱ ± ۰/۷۲^{a}	۰/۸۷ ± ۰/۵۸ ^{a}

حروف لاتین غیر مشترک در هر ردیف، نشان‌دهنده اختلاف بین تیمارها است (p<۰/۰۵).

جدول ۳: نتایج شاخص‌های ایمنی در تیمارهای مختلف در فیل‌ماهی طی ۸ هفته پرورش

تیمار / شاخص	بایوفلاک	شاهد
IgM (میلی گرم/دسی‌لیتر)	۸۱/۴ ± ۷/۱۲ ^{a}	۷۶/۲۲ ± ۱/۵۱ ^{a}
لیزوزیم (u/ml/min)	۳۹ ± ۷/۸۱ ^{a}	۳۴ ± ۱ ^{a}
ایمونوگلوبولین کل (میلی گرم/میلی‌لیتر)	۱۳/۶۱ ± ۰/۶۸ ^{a}	۱۲/۹۳ ± ۰/۳۱ ^{a}

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد (p>۰/۰۵).

بحث

پاسخ ایمنی در گونه‌های مختلف ماهیان بر اساس شرایط زیستی و واکنش فیزیولوژیک بدن متفاوت است (صابری و همکاران، ۱۴۰۱). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تعداد گلبول‌های قرمز و گلبول سفید، نوتروفیل، درصد هماتوکریت و MCV در تیمار بایوفلاک بطور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود. تعیین مقدار هموگلوبین، درصد هماتوکریت و تعداد گلبولهای قرمز (RBC) برای به‌دست آوردن اندیکس‌های گلبول قرمز و پی بردن به وضعیت خون‌سازی ماهی ضروری است (شکوری و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج شاخص‌های ایمنی نشان داد که سطوح ایمونوگلوبولین M، لیزوزیم و ایمونوگلوبولین کل در تیمار بایوفلاک نسبت به شاهد بهبود یافت، ولی معنی‌دار نبود. علاوه بر این، تیمار بایوفلاک تعداد باکتری بیشتری نسبت به شاهد داشت و از اختلاف معنی‌داری برخوردار بود. زمانی‌که ماهیانی در شرایط بیوفلاک قرار می‌گیرد ممکن است دچار کمبود اکسیژن شود. برای جبران استرس ناشی از هیپوکسی خون، میزان هموگلوبین و هماتوکریت جهت افزایش اکسیژن‌رسانی به اندامهای حیاتی بدن نیز بیشتر می‌شود. از نظر فیزیولوژیکی افزایش هماتوکریت حین استرس ممکن

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]

است به دلیل کاهش حجم پلاسما، متورم شدن گلبولهای قرمز یا رها شدن مقادیر بیشتری گلبول قرمز از بافت‌های خونساز به درون خون باشد (Swift, 1982).

Long و همکاران (۲۰۱۵)، اثر تکنولوژی بایوفلاک بر رشد، فعالیت آنزیم گوارشی، خونشناسی و پاسخ ایمنی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) پرورشی بهبود یافته از نظر ژنتیکی را مورد مطالعه قرار دادند و بیان داشتند اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های خونی در سیستم بیوفلاک وجود نداشت. اما سبب بهبود پاسخ ایمنی در تیلاپیای پرورشی شد. بیوفلاک نه تنها مواد مغذی اضافی از قبیل پروتئین‌ها، چربی‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند (Xu *et al.*, 2012a)، بلکه میکروب‌های طبیعی زیاد و ترکیبات زیستی فعالی از قبیل کارتنوئیدها و ویتامین های محلول در چربی (Ju *et al.*, 2008) و ترکیبات محرک ایمنی دیگری (Crab *et al.*, 2012) که ممکن است پاسخ ایمنی ماهی پرورشی را افزایش دهد، را فراهم می‌کنند. بعلاوه، بایوفلاک نقش مثبتی در مصرف غذا و فعالیت آنزیم-های گوارشی ماهی بازی می‌کند (Xu *et al.*, 2012b) که ممکن است جذب مواد زیست فعال جیره از غذا را افزایش داده، و سبب تحریک سیستم ایمنی ماهی پرورش یافته در سیستم بایوفلاک شود (Long *et al.*, 2015). Emerenciano و همکاران (۲۰۱۳)، بیان داشتند که تکنولوژی بایوفلاک امکان تولید تخم‌های با کیفیت مطلوب از طریق بهبود عملکرد تولیدمثل موجودات آبزی و نیز افزایش ایمنی لاروها را فراهم می‌سازد. Crab و همکاران (۲۰۱۰) ابراز نمودند که بایوفلاک‌ها حاوی مواد معدنی ریز و ویتامین C می-باشند که اثرات مثبتی بر موجودات آبزی از جمله افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی، رشد، تکثیر و پاسخ ایمنی را به همراه دارد.

صابری و همکاران (۱۴۰۱)، اثر هیپوکسی حاد و مزمن بر سیستم ایمنی و آنتی‌اکسیدانی ماهی کپور معمولی در سیستم بیوفلاک را مورد مطالعه قرار دادند و بیان داشتند استرس هیپوکسی حاد و مزمن سبب تضعیف پارامترهای خونی ماهی کپور معمولی در سیستم بیوفلاک گردید. طرفی و همکاران (۱۴۰۱)، اثر سیستم بیوفلاک بر شاخص‌های رشد، ترکیب بدن و آنزیم‌های گوارشی در ماهی کپور معمولی جوان را مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند فعالیت آنزیم‌های لیپاز، آمیلاز و آلکالین فسفاتاز در سیستم بایوفلاک در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین بیان داشتند سیستم بایوفلاک ضمن کاهش بار آلودگی نیتریت و آمونیاک آب محیط پرورش، میزان مصرف پروتئین جیره را نیز کاهش داد.

استفاده از سیستم بایوفلاک در ماهی روهو باعث افزایش رشد قابل توجه این ماهی نسبت به تیمار شاهد شد (Kamilya و همکاران.، ۲۰۱۷). Avnimelech (۱۹۹۹)، بیان کرد که بایوفلاک می‌تواند نیاز به پروتئین و مواد مغذی دیگر را برای تیلاپیای موزامبیک برطرف نماید. Mahanand و همکاران (۲۰۱۳)، با بررسی بچه-ماهیان روهو (*Labeo rohita*) بیان کردند که ماهیانی که در سیستم بایوفلاک پرورش یافتند، از میانگین وزن نهایی و نرخ رشد ویژه بالاتری در مقایسه با تیمار شاهد برخوردار بودند. اما دارای ضریب تبدیل غذایی و نرخ عملکرد پروتئین پایین‌تری نسبت به تیمار شاهد بودند و به این نتیجه رسیدند که سیستم بایوفلاک جهت پرورش ماهی روهو مناسب است. این نتیجه نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که نوع غذا و رژیم غذایی و گونه

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]

ماهی در میزان کارایی سیستم بایوفلاک تأثیرگذار می‌باشد. نتایج مطالعات فوق تا حدودی منطبق با نتیجه مطالعه حاضر می‌باشد. بکارگیری سیستم بایوفلاک برای پرورش ماهی مزایایی از قبیل بهبود نرخ رشد (Wasielesky *et al.*, 2006) و کاهش ضریب تبدیل غذایی را بهمراه دارد (Burford *et al.*, 2004).

ترکیبات خون تحت‌تأثیر عوامل فیزیولوژیک و آسیب‌شناسی تغییر می‌کند (جمال‌زاده و همکاران.، ۱۳۸۷). مطالعه ترکیبات خونی سبب شناخت وضعیت سلامتی (Bani و Haghi-Vayghan، ۲۰۱۱) و فیزیولوژی آبزی (Hued و Bistoni، ۲۰۰۲) می‌شود. شاخص‌هایی نظیر گلبول سفید، گلبول قرمز، هماتوکریت، هموگلوبین، MCHC، MCV و MCH نشان‌دهنده وضعیت سلامتی ماهیان می‌باشد (Michael *et al.*, 2019).

با افزودن مقدار مناسب کربوهیدرات به آب و تنظیم نسبت کربن به ازت، باکتری‌های هتروتروفی مواد غذایی حاصل را جذب و بطور بهینه بایوفلاک تشکیل می‌گردد که در این صورت آمونیاک و نیتریت در آب کاهش می‌یابد (Asaduzzaman *et al.*, 2008). لازم به ذکر است مصرف بیش از حد بایوفلاک باعث برهم خوردن تعادل باکتریهای هتروتروفی در سیستم پرورش میگو می‌شود (آدینه و هرسیج، ۱۳۹۷). میزان کل مواد جامد معلق شاخص واقعی از توده زیستی یا بایوفلاک می‌باشد (Avnimelech *et al.*, 1994). در سیستم بایوفلاک مدیریت کنترل فلاک بسیار حائز اهمیت است. چرا که تولید بیش از حد فلاک در محیط آبی می‌تواند پاسخ منفی در روند رشد و بازماندگی بوجود آورد (آدینه و هرسیج، ۱۳۹۷). آدینه و هرسیج (۱۳۹۷)، تأثیر سطوح مختلف بایوفلاک بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بازماندگی پست لارو میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) را مورد مطالعه قرار دادند و بیان داشتند که کیفیت آب و برخی شاخص‌های رشد بهبود یافت. سطوح آمونیاک و نیتریت کاهش، و میزان کل مواد جامد معلق افزایش یافت.

خانجانی و همکاران (۱۳۹۵)، با بکارگیری سیستم بایوفلاک در سیستم‌های پرورش میگوی سفید غربی بیان کردند که به‌وسیله سیستم بدون تعویض آب و اضافه‌کردن مواد آلی تراکم باکتری‌های هتروتروف افزایش یافته و فلاک نیز توسعه می‌یابد. Suantika و همکاران (۲۰۱۶)، با بررسی بسترهای مختلف بیان کردند که اگرچه در تمام گروه‌های آزمایشی حذف آمونیوم مشاهده شد، تلقیح باکتری‌های نیتریفیکاسیون باعث افزایش معنی‌دار میزان اکسیداسیون آمونیوم شد و تیمارهای حاوی باکتری‌های نیتریفیکاسیون مقادیر آمونیوم را نسبت به تیمار شاهد به میزان بیشتری کاهش دادند. فلاک‌های میکروبی سبب چرخش دوباره غذاهای باقیمانده و مواد دفعی و استفاده مجدد آن توسط ماهیان شده و باعث می‌شود که جذب غذا بخصوص در شرایط بدون تعویض آب بهتر شود (Xu and Pan, 2012). Andriani و همکاران (۲۰۱۹)، با مطالعه ماهی تیلاپیا بیان کردند که نوع فیلتر موجود در سیستم آکواپونیک بر میزان باکتری نیتروزوموناس موجود در آب تأثیر دارد. طاهری نسب و همکاران (۱۴۰۱)، بیان داشتند که ارایه تکنولوژی نسبت بهینه کربن به نیتروژن می‌تواند یک راهکار مناسب برای کنترل پارامترهای کیفی آب و مدیریت مصرف آن باشد.

بطورکلی، سیستم بایوفلاک بر شاخص‌های خونی، ایمنی و نیز کیفی آب مؤثر بود و باعث بهبود شرایط

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]

فیزیولوژیک فیل‌ماهی جوان گردید. بنابراین، بکارگیری آن در سیستم‌های پرورشی توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

منابع

۱. آدینه، ح. و هرسیج، م.، ۱۳۹۷. تأثیر سطوح مختلف بایوفلاک بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بازماندگی پست لارو میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*). مجله تحقیقات دامپزشکی، ۷۳(۴)، ۴۰۱ - ۳۹۳.

۲. بخشی، ف.، ملک زاده ویایه، ر. و حسین نجد گرامی، ا.، ۱۳۹۳. بررسی بازدهی استفاده از سیستم تولید توده زیستی در پرورش متراکم ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری. سال ششم، ۳، ۵۳–۴۵.

۳. بخشی، ف.، حسین نجد گرامی، ا.، ایمانی، ا. و سروی مغانلو، ک.، ۱۳۹۵. تأثیر استفاده از فناوری بایوفلاک بر پارامترهای رشد، ترکیب لاشه و کاهش هزینه های تولید در پرورش متراکم بچه ماهیان کپور معمولی. مجله تحقیقات دامپزشکی. ۷۱ (۲)، ۱۶۹–۱۶۲.

۴. جمال‌زاده، ح.، کیوان، آ.، عریان، ش. و قمی مرزدشتی، م. ر.، ۱۳۸۷. بررسی سطوح برخی از شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی ماهی آزاد دریای کاسپین (*Salmo trutta caspius*). مجله علمی شیلات ایران. ۱۷(۳)، ۵۴-۴۷.

۵. حق‌پرست رادمرد، م. م.، مجتبی علیشاهی، م.، قربانپور، م. و شهریاری، ع.، ۱۳۹۷. بررسی اثر نسبت‌های مختلف کربن- نیتروژن در سیستم پرورش متراکم بایوفلاک بر شاخص‌های رشد و سلامت ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری. دوره ۱۰ (۲)، ۱۷۰–۱۶۹.

۶. خانجانی، م .ح.، سجادی، م .م.، علی‌زاده، م. و سوری نژاد، ا.، ۱۳۹۴. تأثیر نسبت‌های مختلف غذادهی بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقاء پست لاروهای میگوی سفید غربی (*Litopenaeus vannamei* Boone 1931) با استفاده از تکنولوژی بیوفلاک. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴، ۱۳-۲۷.

۷. خانجانی، م .ح.، سجادی، م.م.، علی‌زاده، م. و سوری‌نژاد، ا.، ۱۳۹۵. تولید و ارزیابی بایوفلاک به منظور بکارگیری در سیستم های بدون تعویض آب. توسعه آبزی پروری. ۱۰(۱)، ۴۲–۳۳.

۸. خانجانی، م .ح.، ۱۳۹۸. کاربرد فناوری توده ساز زیستی (بایوفلاک) در آبزی‌پروری با تأکید بر ماهیان زیستی. آبزیان زینتی. سال ششم، ۲، ۴۸–۳۵.

۹. رضایی توابع، ک. و رفیعی، غ.، ۱۳۹۷. تکثیر و پرورش میگوهای دریایی. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۷۶ ص.

۱۰. شکوری، م.، قلی‌پور، ح. و ناصری، س.، ۱۳۹۲. بررسی سطوح مختلف پودر شفیره کرم ابریشم بر برخی فاکتورهای خونی و بیوشیمیایی بچه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]

mykiss). نشریه توسعه آبزی‌پروری. سال هفتم. ۴، ۳۵ – ۴۲.

۱۱. عامری مهابادی، م.، ۱۳۷۸. روش‌های آزمایشگاهی هماتولوژی دامپزشکی. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۲۶ ص.

۱۲. عبدی‌راد، ز. و قائدنیا، ب.، ۱۳۹۴. پرورش میگو با سیستم بیوفلاک، فصل‌نامه میگو و سخت‌پوستان، ۱ (۲)، ۱۵-۱۲.

۱۳. صابری، م.، آدینه، ح.، هرسیج، م.، جعفریان، ح. و پاتیمار، ر.، ۱۴۰۱. بررسی هیپوکسی حاد و مزمن بر سیستم ایمنی و آنتی‌اکسیدانی ماهی کپور معمولی (*Cyprinius carpio*) در سیستم بیوفلاک. نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان. ۱۱ (۲)، ۶۱ – ۴۹.

۱۴. طاهری‌نسب، ی.م.، کرامت امیرکلایی، ع. و اورجی، ح.، ۱۴۰۱. مدیریت پارامترهای کیفی آب استخرهای پرورشی با کمک نسبت بهینه کربن به نیتروژن. نشریه توسعه آبزی‌پروری. سال شانزدهم، ۳، ۵۴ – ۴۵.

۱۵. طرفی، م.، رجب‌زاده، ا. و محمدی آذرم، ح.، ۱۴۰۱. اثر سیستم بیوفلاک بر شاخص‌های رشد، ترکیب بدن و آنزیم‌های گوارشی ماهی کپور معمولی جوان در تراکم‌های مختلف پرورشی. مجله علمی شیلات ایران. ۳۱ (۱)، ۴۶ – ۳۱. DOI: 10.22092/ISFJ.2022.126460.

۱۶. کاظمی، ر.، یوسفی جوردهی، ا.، پوردهقانی، م.، یارمحمدی، م. و نصری تجن، م.، ۱۳۸۹. فیزیولوژی دستگاه گردش خون آبزیان و فنون کاربردی خونشناسی ماهیان. انتشارات شابک. ۱۹۴ ص.

17. Ahn, Y., Park, E.J., Oh, Y.K., Park, S., Webster, G. and Andrew, J.W., 2005. Biofilm microbial community of a thermophilic trickling biofilter used for continuous biohydrogen production. FEMS Microbiology Letter, 249, 31-38.
18. Andriani, Y., Dhahiyat, Y. and Hasan, Z., 2019. The productivity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and water quality condition in different filters in aquaponics system. Global Scientific Journals, 7(6), 591-597.
19. Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Huque, S., Salam, M.A. and Azim, M.E., 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. Aquaculture, 280, 117-123.
20. Avnimelech, Y., Kochva, M. and Diab, S., 1994. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. Aquaculture Bam, 46(3), 119-131.
21. Avnimelech, Y., 1999. Carbon nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. Aquaculture, 176, 227-235.
22. Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. Aquaculture, 264, 140-147.
23. Avnimelech, Y., 2009. Biofloc technology: A practical guide book. World Aquaculture Society, Baton Rouge. Louisiana, USA. 182 P.
24. Avnimelech, Y., 2012. Biofloc technology - a practical guide book. 2nd edition, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, pp. 48, 189.
25. Avnimelech, Y., 2015. Biofloc Technology – A Practical Guide Book. 3rd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.
26. Bani, A. and Haghi-Vayghan, A., 2011. Temporal variations in haematological and biochemical indices of the Caspian kutum, *Rutilus frisii kutum*. Ichthyological Research, 58, 126–133.
27. Emerenciano, M., Ballester, E.L.C., Cavalli, R.O. and Wasielesky, W., 2013.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]

Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. Aquaculture international, 19, 891-901.

28. Ju, Z.Y., Forster, I., Conquest, L. and Dominy, W., 2008. Enhanced growth effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from inclusion of whole shrimp floc or floc fractions to a formulated diet. Aquaculture Nutrition, 14, 533-543.
29. Kamilya, D., Debbarma, M., Pal, P., Kheti, B., Sarkar, S. and Singh, S.T., 2017. Biofloc technology application in indoor culture of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) fingerlings: The effects on inorganic nitrogen control, growth and immunity. Chemosphere, 182, 8-14.
30. Khoshbavar Rostami, H.A., Soltani, M. Mohd Daud, H.H., 2006. Immune response of great sturgeon (*Huso huso*) subjected to long-term exposure to sublethal concentration of the organophosphate, diazinon. Aquaculture, 256(1-4), 88-94.
31. Klontz, G.W., 1994. Fish Hematology. In Techniques in Fish Immunology. Edited by JS Stolen.; TC Fletcher., A.F Rowley., T.C Kelikoff., S.L. Kaattari and S.A. Smith. SOS Publications. P, 121–132.
32. Long, L., Jing Yang, J., Yuan Li, Y., Chongwu Guan, C. and Fan Wu, F., 2015. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, 448, 135-141.
33. Mahanand, S. S., Moulick, S. and Srinivasa Rao, P., 2013. Water Quality and Growth of Rohu, Labeo rohita, in a Biofloc System. Journal of Applied Aquaculture, 25, 121–131.
34. Michael, S. E., Abarike, E. D. and Cai, J., 2019. A Review on the Probiotic Effects on Haematological Parameters in Fish. American-Eurasian Journal of Scientific Research, 6(1), 32-38.
35. Pottinger, T.G. and Carrick, T.R., 2001. A comparison of plasma glucose and plasma cortisol as selection markers for high and low stress-responsiveness in female rainbow trout. Aquaculture Research, 175, 351-363.
36. Sener, E., Yıldız, M. and Savaş, S., 2006. Effect of vegetable protein and oil supplementation on growth performance and body composition of Russian sturgeon juveniles (*Acipenser gueldenstaedtii*) at low temperatures. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 6, 23-27.
37. Siwicki, A.K. and Anderson, D.P., 1993. Nonspecific defence mechanisms assay in fish. II. Potential killing activity of neutrophils and macrophages, lysozyme activity in serum and organs and total immunoglobulin (T- Ig) levels in serum. Fish Diseases Diagnosis and Prevention's Methods. FAO-Project GCP/INT/526/JPN, IFI Olsztyn. pp: 105-112.
38. Souza, D.M.D., Suita, S.M., Romano, L.A., Jr, W.W. and Ballester, E.L.C., 2014. Use of molasses as a carbon source during the nursery rearing of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) in a Biofloc technology system. Aquaculture Engineering, 45, 270-277.
39. Suantika, G., Pratiwi, M.I., Situmorang, M.L., Djohan, Y.A., Muhammad, H. and Astuti, D.I., 2016. Ammonium removal by nitrifying bacteria Biofilm on Limestone and Bioball substrate established in freshwater trickling biofilter. Poultry, Fisheries and Wildlife Sciences, 4(2), 157.
40. Swift, D.J., 1982. Changes in selectedblood component values of rainbowtrout, *Salmo gairdneri* Richardson, following the blocking of the cortisol stress response with betamethasone and subsequent exposure to phenol or hypoxia. Journal of Fish Biology, 21(3), 269-277.
41. Torrecillas, S., Makol, A., Caballero, M.J., Montero, D., Gines, R., Sweetman, J. and Izquierdo, M.S., 2011. Improved feed utilization, intestinal mucus production and immune parameters in Sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides (MOS). Aquaculture Nutrition, 17(2), 223-233.
42. Wasielesky Jr, W., Atwood, H., Stokes, A., Browdy, C.L., 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]

system for white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture, 258(1-4), 396-403.
43. Xu, W.J. and Pan, L.Q., 2012a. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. Aquaculture, 356-357, 147-152.
44. Xu, W.J., Pan, L.Q. and Zhao, D.H., 2012b. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. Aquaculture. 350–353, 147–153.
45. Yousefi Jourdehi, A., Sudagar, M., Bahmani, M., Hoseini, S.A., Dehghani, M.A. and Yazdani, M.A., 2014. Comparative study of dietary soy phytoestrogens genistein and equol effects on growth parameters and ovarian development in farmed female beluga sturgeon, *Huso huso*. Fish Physiology and Biochemistry, 40(1), 117-128.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.3.3.6]
[DOI: 10.22034/17.3.21]